

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГИБРИДНЫХ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Рассмотрены вопросы, относящиеся к технико-эксплуатационным свойствам тягово-транспортных средств, имеющих комбинированные энергоустановки. Упор сделан на сцепных свойствах и сопротивлении движению машин, их тягово-динамических качествах.

Направление развития работ по созданию и внедрению наземных гибридных тягово-транспортных средств (ТТС) в настоящее время стало вполне определенным. Это обусловило необходимость рассмотрения технико-эксплуатационных свойств гибридных ТТС. В частности, следовало бы оценить их возможности относительно сцепления, например, колеса с поверхностью качения (опорным основанием - дорогой). Сюда можно отнести также вопросы сопротивления качению движителей. Все это обеспечит возможность, в частности, судить о таких свойствах как маневренность, проходимость, управляемость, устойчивость движения, и других свойствах.

Как известно, сцепление колеса с поверхностью качения и сопротивление качению обусловлены рядом факторов. Сцепление зависит от внешнего трения материала колеса (резины) о поверхность качения, характеризуемого коэффициентом трения скольжения μ_c , величины и характера распределения нормального давления по площадке контакта шины с поверхностью качения, тангенциальной деформации шины в зоне контакта и касательных сдвигов грунта под катящимся колесом, а также от зацепления беговой дорожки шины с поверхностью качения.

После достижения максимальной скорости вращения движителей дальнейшее увеличение скорости движения машины может быть достигнуто лишь за счет уменьшения пробуксовки движителей на грунте. Последнее тесно связано со сцепными свойствами движителей. Эти свойства оцениваются коэффициентом сцепления $\Phi_{сц}$, представляющим собой отношение максимальной силы тяги по сцеплению $T_{сц}$ к нормальной нагрузке G_k , воспринимаемой движителем, $\Phi_{сц} = T_{сц} / G_k$.

На значение $\Phi_{сц}$ влияние оказывают, также, кроме коэффициента μ_c : расположение грунтозацепов и насыщенность ими рисунка протектора, параметры грунтозацепа, продолжительность и площадь контакта с поверхностью качения и многое другое. Среднее значение $\Phi_{сц}$ различно для разных условий и режимов движения. Так, для снежной (укатанной) дороги оно равно 0,1...0,3, а для сухого асфальта – 0,7...0,9.

Воздействие колес на дорогу во многом зависит от распределения нагрузки по осям машины, давления, оказываемого колесами машины на грунт, уровня колебаний и режимов движения машины. Следовало бы особо отметить переменный характер действующих нагрузок.

Сопротивление качению колес обусловлено двумя факторами: деформацией поверхности качения и деформацией шины. Энергия, затрачиваемая на деформацию шины, зависит от нагрузки на шину, ее размеров, конструкции, материала и давления воздуха в шине. Определяющими факторами являются физико-механические свойства грунта, а также нагрузки, передаваемые колесом, размеры и форма пятна контакта шины с поверхностью качения. В частности, удельное сопротивление качению, обычно называемое коэффициентом сопротивления качению

$f_k = \frac{P_f}{G_k}$, (P_f – сила сопротивления качению, G_k – вес воспринимаемый колесами). Для ведущего колеса коэффициент f_k на 20...40% выше, чем для ведомого колеса. Эти данные относятся к качению по суглинистым или супесчаным грунтам при прочих равных условиях.

Предыдущие рассуждения неизбежно связаны с вопросами, возникающими при эксплуатации ТТС. Среди этих вопросов, в частности, необходимо назвать следующее: какие случаи качения ведущих колес наиболее важны.

По крайней мере, это является первостепенным при анализе гибридных машин. Прежде всего, имеем в виду тягово-динамические качества и проходимость по деформируемым грунтам. Не вызывает сомнения что уменьшение сопротивления качению машины может быть достигнуто при рациональном сочетании крутящих моментов с величинами нормальных реакций на них.

Известно, что основным условием движения ТТС есть неравенство:

$$P_f \leq P_\phi$$

Дополнительно следует помнить и другие условия:

$P_d \geq P_k < P_\phi$ – условие движения машины;

$P_d \geq P_k > P_\phi$ – условие буксования;

$P_d < P_k < P_\phi$ – условие перегрузки.

Здесь имеется в виду, что P_d – сила тяги, которую способен реализовать двигатель (тяга по двигателю); P_ϕ – сила тяги, которая может быть реализована за счет особенностей почвы и колеса (тяга по сцеплению);

P_k – фактическая сила тяги, реализуемая в создавшейся ситуации.

Для исследования следует выбрать систему «двигатель-трансмиссия-двигитель». По сути, эта система охватывает условия и режимы движения ТТС.

Выше на основе известных исследований приведен вывод, что в определенных условиях увеличение скорости движения машины возможно за счет уменьшения буксования. В свою очередь буксование связано с тяговой силой, приложенной к колесу. Но тяговая сила не может быть больше силы тяги по сцеплению. Для большинства деформируемых грунтов буксование, соответствующее максимальной силе тяги, достигает 30...40%, а для твердой поверхности 10...15%. При этом возможна реализация и большей силы тяги. ГОСТы накладывают ограничения на

буксование (в целях экологической безопасности).

В реальных условиях движения, когда величина нормальной реакции на колесе изменяется в самых широких пределах (вплоть до отрыва колеса от поверхности дороги), тяговая сила на колесе ограничена величиной Φ с учетом параметров колебательных процессов. Так, при пробое подвески ускорения корпуса машины могут достигать $(3 \dots 4)g$ (ускорения свободного падения тела).

Возрастание нагруженности ТТС, оцениваемое коэффициентом динамичности K_d , то есть отношением максимального динамического показателя нагруженности P_d к его статическому значению $P_{ст}$ связано с движением по неровностям дороги, изменением тяговой нагрузки, инерционными силами. Это также относится к режимам трогания и разгона машины.

Характер протекания указанных процессов у гибридных машин более плавный, чем у машин традиционных. Это в конечном итоге сказывается и на буксовании ТТС, что равносильно улучшению тяговых свойств.

Возможности тягово-транспортных машин проявляются, когда динамические процессы можно отнести и к медленно меняющимся, не возбуждающими колебаний в динамической упругоинерционной системе. Например, в машине совершающей движение по косогору, свойства грунта которого сравнительно медленно меняются. Это присуще, прежде всего, машинам, имеющим мотор-колеса, то есть способных воспринимать передаваемый двигателем момент каждым колесом независимо от других колес.

В этом случае более нагруженное колесо по сравнению с менее нагруженным может реализовать большую силу тяги. Что в конечном итоге позволяет обойтись без дифференциала.

Следует отметить, что сцепление шины с поверхностью качения влияет не только на тяговые свойства машин, но и на ее устойчивость движения, управляемость, маневренность, поворотливость, плавность хода, эффективность торможения. Способность грунтов оказывать сопротивление касательным сдвигам пропорциональна допускаемому для данных грунтов нормальному давлению.

Воздействие движителей на грунты и почвы оказывает существенное влияние на них. Поэтому условия и режимы движения следует рассматривать так же как факторы экологической безопасности.

При рассмотрении технико-эксплуатационных свойств ТТС с гибридной энергоустановкой следует уделить внимание условиям и режиму работы машины. В частности, нужно внимательно изучить возможные характеристики двигателей, сцепление движителей с почвой, сопротивление движению ТТС. При этом возможно использование уравнение баланса сил, то есть дифференциального уравнения движения машины как материальной системы

$$m\delta \frac{dv}{dt} = P_k - \sum_1^n P_{if},$$

где m – масса машины, δ – коэффициент условного приращения массы, V – скорость движения машины, P_k и P_f – силы, упомянутые в начале данной статьи.

При таком подходе наилучшей машиной будет та, которая имеет самую высокую эффективность в заданных условиях. В нашем случае эти технико-эксплуатационные свойства названные ранее.

Список литературы: 1. Рославцев А.В. Применение в сельскохозяйственном производстве экологически безопасных тягово-транспортных средств с минимальными затратами энергии. «Сучасні технології в машинобудуванні» Збірник наукових праць, Випуск 1, Харків НТУ «ХП» 2008.

Поступила в редколлегию 15.03.09